

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-108863

(43)Date of publication of application : 18.04.2000

(51)Int.Cl.

B60T 8/00

B60T 8/58

(21)Application number : 10-281660

(71)Applicant : TOYOTA CENTRAL RES & DEV

LAB INC

TOYOTA MOTOR CORP

AISIN SEIKI CO LTD

(22)Date of filing : 02.10.1998

(72)Inventor : ONO HIDEKAZU

SUGAI MASARU

UMENO KOJI

ASANO KATSUHIRO

YAMAGUCHI HIROYUKI

ITO SHOJI

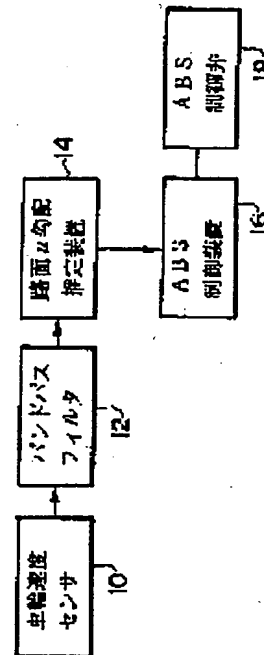
ONOZAWA SATOSHI

## (54) PHYSICAL QUANTITY ESTIMATING DEVICE AND ABS CONTROLLER

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To accurately estimate an adhesion gradient.

SOLUTION: The wheel speed signal of each wheel detected by a wheel speed sensor 10 is inputted to a band-pass filter 12, the signal of a frequency band unrelated to spring lower resonance is eliminated from the wheel speed signal, and only the signal of a frequency band related to the spring lower resonance is outputted. An adhesion gradient estimating device 14 identifies the attenuation factor of a secondary resonance model proximate a suspension tire resonance model from the signal outputted from the band-pass filter 12 by an on-line identifying method, and estimates an adhesion gradient from the identified attenuation factor. The attenuation factor of the secondary resonance model corresponds to the adhesion gradient, the adhesion gradient is estimated to be large when the attenuation factor is identified to be small, and the attenuation factor is estimated to be small when the adhesion gradient is identified to be large.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 19.04.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japanese Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-108863

(P 2 0 0 0 - 1 0 8 8 6 3 A)

(43) 公開日 平成12年4月18日 (2000. 4. 18)

(51) Int. Cl.	識別記号	F I	テマコード (参考)
B60T 8/00		B60T 8/00	B 3D046
8/58		8/58	Z

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平10 281660

(22) 出願日 平成10年10月2日 (1998. 10. 2)

(71) 出願人 000003609

株式会社豊田中央研究所

愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番地  
の1

(71) 出願人 000003207

トヨタ自動車株式会社

愛知県豊田市トヨタ町1番地

(71) 出願人 000000011

アイシン精機株式会社

愛知県刈谷市朝日町2丁目1番地

(74) 代理人 100079049

弁理士 中島 淳 (外1名)

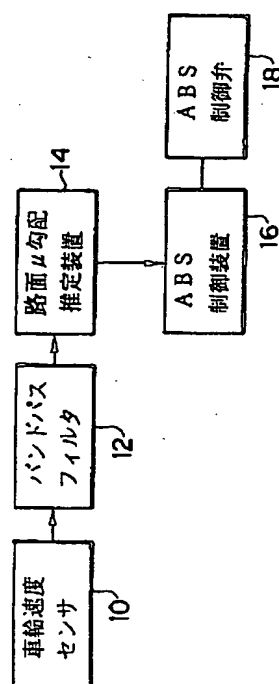
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 物理量推定装置及びABS制御装置

(57) 【要約】

【課題】 精度よく路面 $\mu$ 勾配を推定する。

【解決手段】 車輪速度センサ10で検出された各車輪の車輪速度信号をバンドパスフィルタ12に入力し、車輪速度信号からバネ下共振とは無関係な周波数帯域の信号を除去し、バネ下共振と関連する周波数帯域の信号のみを出力する。路面 $\mu$ 勾配推定装置14は、オンライン同定手法によって、バンドパスフィルタ12より出力された信号からサスペンション-タイヤ共振モデルに近似した2次共振モデルの減衰係数を同定し、同定した減衰係数から路面 $\mu$ 勾配を推定する。2次共振モデルの減衰係数は、路面 $\mu$ 勾配と対応し、減衰係数が小さく同定された場合には路面 $\mu$ 勾配が大きいと推定することができ、路面 $\mu$ 勾配が大きく同定された場合には減衰係数は小さいと推定することができる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】車輪速度を検出して車輪速度信号を出力する車輪速度検出手段と、  
前記車輪速度信号からバネ下共振特性を表す物理モデルのパラメータを同定し、同定したパラメータから路面と車輪との間の滑り易さに関する物理量を推定する物理量推定手段と、  
を含む物理量推定装置。

【請求項2】請求項1において、前記物理モデルは、バネ下共振周波数を自然周波数とする共振モデルであり、前記推定手段は前記共振モデルの減衰係数に基づいて前記路面と車輪との間の滑り易さに関する物理量を推定することを特徴とする物理量推定装置。

【請求項3】請求項1または2の物理量推定装置によって推定した物理量に基づいて、ブレーキ圧を制御することを特徴とするABS制御装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、路面と車輪との間の滑り易さに関する物理量を推定する物理量推定装置に係り、特に、バネ下共振現象が発生する場合においても精度よく路面と車輪との間の滑り易さに関する物理量を推定することができる物理量推定装置、及びこの物理量推定装置を用いてブレーキ圧を制御するABS制御装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術及び発明が解決しようとする課題】特開平10-114263号公報には、車輪減速度運動モデルに基づいて、車輪速度信号の時系列データからトルク勾配、すなわち路面 $\mu$ 勾配（すべり速度に対する路面 $\mu$ の比）を推定演算し、路面 $\mu$ 勾配が0になるようにブレーキ力の操作量を制御するアンチロックブレーキ（ABS）制御装置が記載されている。

【0003】上記ABS制御装置によって制動力が最大になるように制御された状態で、車両が氷上路からドライ路へ乗り移る時に、図1（A）に示すように車輪速度の振動現象が発生する。このため、この車輪速度の振動によって $\mu$ 勾配推定の精度が低下し、図1（B）に示すように、ABS制御の応答遅れが発生する場合がある。

【0004】本発明者等は、このような車輪速度の振動現象はタイヤサスペンションの前後共振運動によるものである、との知見を得た。

【0005】本発明は上記知見に基づいてなされたもので、タイヤサスペンションの前後共振運動が発生する場合においても精度よく路面と車輪との間の滑り易さに関する物理量を推定することができる物理量推定装置を提供することを目的とする。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明は、車輪速度を検出して車輪速度信号を出力

する車輪速度検出手段と、前記車輪速度信号からバネ下共振特性を表す物理モデルのパラメータを同定し、同定したパラメータから路面と車輪との間の滑り易さに関する物理量を推定する物理量推定手段と、を含んで構成したものである。

【0007】本発明によれば、車輪速度検出手段によって車輪速度が検出され、車輪速度信号が出力される。物理量推定手段は、車輪速度信号からバネ下共振を表す物理モデルのパラメータを同定し、同定したパラメータから路面と車輪との間の滑り易さに関する物理量を推定する。

【0008】本発明の物理モデルは、バネ下共振周波数を自然周波数とする共振モデルを用いることができる。この場合、推定手段は共振モデルの減衰係数に基づいて路面と車輪との間の滑り易さに関する物理量を推定する。

【0009】本発明では、バネ下共振特性を表す物理モデルのパラメータを同定し、同定したパラメータから路面と車輪との間の滑り易さに関する物理量を推定するため、バネ下共振現象が発生する場合においても精度よくこの物理量を推定することができる。

【0010】本発明は、推定した物理量に基づいて、ブレーキ圧を制御するABS制御装置に適用することができる。

## 【0011】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の物理量推定装置をABS制御装置に適用した実施の形態について詳細に説明する。

【0012】本実施の形態は、図6に示すように、車両の4輪各々の車輪速度を検出し、車輪速度に相当する電気信号または数値信号等を車輪速度信号として出力する車輪速度センサ10を備えている。車輪速度センサ10の出力端には、車輪速度信号からバネ下共振とは無関係な周波数帯域の信号を除去し、バネ下共振に関連する周波数帯域の信号のみを通過させるバンドパスフィルタ12が接続されている。

【0013】バンドパスフィルタ12の出力端には、オンライン同定手法によって、バンドパスフィルタ12より出力された信号からバネ下共振特性を表す物理モデルであるサスペンションタイヤ共振モデルに近似した2次共振モデルの減衰係数をパラメータとして同定し、同定した減衰係数から路面と車輪との間の滑り易さに関する物理量の1つである路面 $\mu$ 勾配（以下、単に $\mu$ 勾配という）を推定する $\mu$ 勾配推定装置14が接続されている。

【0014】 $\mu$ 勾配推定装置14の出力端には、 $\mu$ 勾配が0または0付近の正の小さな値に一致するように各車輪に作用するブレーキ力の操作量を演算するABS制御装置16が接続され、ABS制御装置16の出力端にはこの操作量に基づいてマスタ圧を制御することによって

ホイール圧を制御するABS制御弁18が接続されている。

【0015】本実施の形態によれば、車輪速度センサ10から出力された車輪速度信号は、バンドパスフィルタ12に輸入され、バンドパスフィルタ12からパネ下共振と関連する周波数帯域の信号のみが出力される。パネ下共振と関連する周波数帯域の信号は、μ勾配推定装置14に輸入され、以下で説明するようにしてμ勾配を推定する。そして、ABS制御装置16によって、推定されたμ勾配が0または0付近の正の小さな値に一致するよう10に各車輪に作用するブレーキ力の操作量が演算され、この操作量に応じてABS制御弁18が制御され

$$I \cdot \dot{\omega} = r \cdot F - u \quad \dots (1)$$

$$m \cdot \ddot{x} = -k \cdot x - c \cdot \dot{x} - F \quad \dots (2)$$

ただし、Iは車輪慣性モーメント（例えば、0.8 kg m<sup>2</sup>）、mは車輪質量（例えば、10 kg）、rはタイヤ有効半径（例えば、0.3 m）、kはパネ定数（例えば、2.0 × 10<sup>5</sup> N/m）、cはダンパ定数（例えば、100 Ns/m）、Fはタイヤ摩擦力、uはサスペンション-タイヤ共振モデルへの入力であるブレーキ

$$F = k_t \cdot N \cdot \frac{x - r \cdot \omega}{v_0} \quad \dots (3)$$

ただし、k<sub>t</sub>はμ勾配、Nは輪荷重（例えば、3000 N）、v<sub>0</sub>は車体速度（例えば、10 m/s）である。

$$G_{wu}(s) = - \frac{mv_0 \cdot s^2 + (Nk_t + cv_0) \cdot s + kv_0}{mIv_0 \cdot s^2 + (Nk_t I + cv_0 I + mr^2 Nk_t) \cdot s + s^2 + (kv_0 I + cr^2 Nk_t) \cdot s + kr^2 Nk_t} \quad \dots (4)$$

図3は、μ勾配が2、5、10、20のときの(4)式のボード線図を示したものである。図3から、μ勾配が大きくなり、タイヤ特性に余裕が生じると振動的な特性になることが理解できる。

【0022】次に、μ勾配の推定について説明する。μ勾配の推定は、(4)式に基づいて行っても良いが、こ

$$G_{wu}(s) = \frac{K \omega_n^2}{s^2 + 2\zeta \omega_n s + \omega_n^2} \quad \dots (5)$$

ただし、Kは定常ゲイン、ω<sub>n</sub>は自然周波数、ζは減衰係数である。そして、直接μ勾配推定を行う代わりに、このモデルの減衰係数ζの同定を行い、同定した減衰係数からμ勾配を推定する。2次共振モデルの減衰係数は、小さい程自然周波数における共振特性が明確になることから、減衰係数が小さく同定された場合にはμ勾配は大きいと推定し、また逆に減衰係数が大きく同定され

レーキマスタ圧が制御される。

【0016】次に、本実施の形態のμ勾配推定の原理について説明する。まず、車輪速度の振動特性を表現するための物理モデルとして、図2に示すように、車体BにサスペンションSを介してタイヤTを連結することによって、パネ下特性を考慮したサスペンション-タイヤ共振モデルを仮定し、このモデルを用いたときの共振特性とμ勾配との関連について説明する。

【0017】図2の平行点回りの擾乱を表す運動方程式は、次の(1)、(2)式で与えられる。

【0018】

【数1】

ルク、ωは車輪角速度、xはパネ下前後変位である。

【0019】また、タイヤ摩擦力Fが次の(3)式で与えられるとすると、ブレーキトルクから車輪角速度までの伝達関数G<sub>w</sub>(s)は、次の(4)式で表される。

【0020】

【数2】

【0021】

【数3】

【0023】

【数4】

た場合にはμ勾配は小さいと推定する。

【0024】減衰係数の同定について説明すると、上記(5)式から車輪速度とブレーキトルクとの関係を整理すると、次の(6)式が得られる。

【0025】

【数5】

$$2\zeta \omega_n s w = -s^2 w - \omega_n^2 w + K \omega_n^2 u \quad \dots (6)$$

(6)式において、以下で説明するように、入力であるブレーキトルク  $u$  を無視するとともに、離散化し、オンライン同定手法を適用することによって減衰係数を同定することができる。

$$2\zeta\omega_n s w = -s^2 w - \omega_n^2 w$$

と表される。

【0028】次に(8)式のTustin変換を(7)式に代入して(7)式を離散化する。

$$s = \frac{2(z-1)}{\tau(z+1)}$$

ただし、 $\tau$ はサンプリング時間である。

【0030】ここで、離散化の方法はTustin変換以外にも次の(9)式で表される後退差分方式等を用い

$$s = \frac{z-1}{\tau z}$$

Tustin変換の結果(7)式は、次の(10)式のように整理することができる。

$$4\omega_n^2 \tau (z^2-1)w\zeta = (\omega_n^2 \tau^2 + 4)(z^2+1)w + (2\omega_n^2 \tau^2 - 8)w$$

この(10)式を時間領域で表現すると以下の(11)式のようになる。

$$\phi\zeta = y$$

ただし、

$$\phi = 4\omega_n^2 \tau (w[i-2] - w[i])$$

$$y = (\omega_n^2 \tau^2 + 4)(w[i-2] + w[i]) + (2\omega_n^2 \tau^2 - 8)w[i-1]$$

である。

【0034】ところで(11)式は(7)式を離散化したものであり、(7)式との対応より、 $\phi$ 、 $y$ の物理的な意味としては、 $\phi$ は車輪速度の変化に対応した物理量、 $y$ は車輪速度及び車輪速度の変化の各々に対応した物理量と解釈することもできる。

【0035】次に、(11)式にオンライン同定手法を適用する。ここでは、補助変数法を用いて減衰係数を同定した。補助変数法を用いたアルゴリズムは、次の(12)式のように表される。

【0036】

【数11】

$$z = w[i-3]$$

$$H = \frac{P[i-1]z}{\lambda + \phi P[i-1]z}$$

$$\theta[i] = \theta[i-1] + H \cdot (y - \phi \cdot \theta[i-1])$$

$$P[i] = \frac{1}{\lambda} (1 - H\phi) \cdot P[i-1]$$

ただし、 $\lambda$ は忘却係数である。

【0037】図4は、補助変数法を用いて減衰係数を同

【0026】まず、入力であるブレーキトルク  $u$  を無視すると(6)式は、

【0027】

【数6】

・・・(7)

【0029】

【数7】

・・・(8)

てもよい。

【0031】

【数8】

・・・(9)

【0032】

【数9】

・・・(10)

【0033】

【数10】

・・・(11)

定した結果を示すものである。ドライ路に乗り移った後の振動特性に応じて減衰係数の同定値は小さく、すなわち  $\mu$  勾配が大きくなり制動力特性に余裕が生じたことを表しており、適切な同定ができていていることが理解できる。

【0038】図5は、減衰係数の推定値が0.4以下となった時点で、 $\mu$  勾配が大きく制動力特性に余裕が生じた、すなわち高  $\mu$  路へ乗り移ったと判定し、高  $\mu$  路に適応する圧力にブレーキ油圧をランブ的に上昇させたときの実験結果である。十分な路面適応が実現できている。

【0039】なお、上記では補助変数法を用いて減衰係数を同定した例について説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、最小2乗法等の他の同定手法を用いて減衰係数を同定しても良い。

【0040】また、本発明の物理量推定装置は、路面状態の判定や車両状態の判定にも利用することができる。

【0041】さらに、上記では路面と車輪との間の滑り易さに関する物理量の1つである  $\mu$  勾配を推定する例について説明したが、(4)式から理解されるように伝達関数  $G_o(s)$  は輪荷重や車体速度の変動によっても変化する。従って、路面と車輪との間の滑り易さに関する物理量として  $\mu$  勾配に輪荷重及び車体速度の少なくとも1つの変動を加味した量を推定するようにしてもよい。

【0042】

【発明の効果】以上説明したように、本発明は、バネ下共振特性を表す物理モデルのパラメータを同定し、同定

したパラメータから路面と車輪との間の滑り易さに関連する物理量を推定しているため、パネ下共振現象が発生する場合においても精度よくこの物理量を推定することができる、という効果が得られる。

【図面の簡単な説明】

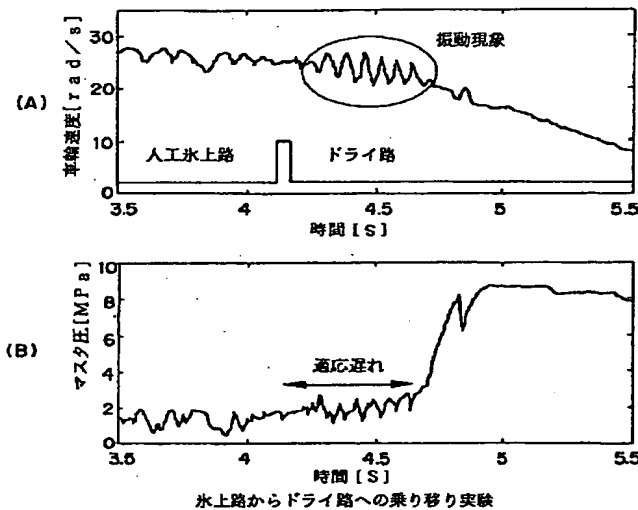
【図 1】従来の ABS 制御装置の氷上路からドライ路への乗り移り実験結果を示し、(A) は車輪速度と時間との関係を示す線図、(B) はブレーキマスタ圧と時間との関係を示す線図である。

【図 2】サスペンション・タイヤ共振モデルを示す概略図である。

【図 3】路面  $\mu$  勾配とサスペンション・タイヤ共振特性との関係を示し、(A) は周波数とゲインとの関係を示す線図、(B) は周波数と位相との関係を示す線図である。

【図 4】本実施の形態の ABS 制御装置の氷上路からドライ路への乗り移り実験における減衰係数の同定結果を

【図 1】



示すものであり、(A) は車体速度及び車輪速度の時間変化を示す線図、(B) はマスタ圧及びホイール圧の時間変化を示す線図、(C) は減衰係数の時間変化を示す線図である。

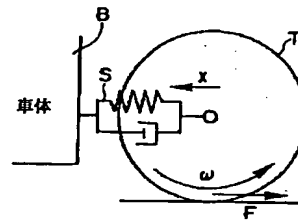
【図 5】本実施の形態における減衰係数同定値を用いた ABS 制御の結果を示すものであり、(A) は車体速度及び車輪速度の時間変化を示す線図、(B) はマスタ圧及びホイール圧の時間変化を示す線図、(C) は減衰係数の時間変化を示す線図である。

【図 6】本発明の実施の形態の物理量推定装置を ABS 制御装置に適用したブロック図である。

【符号の説明】

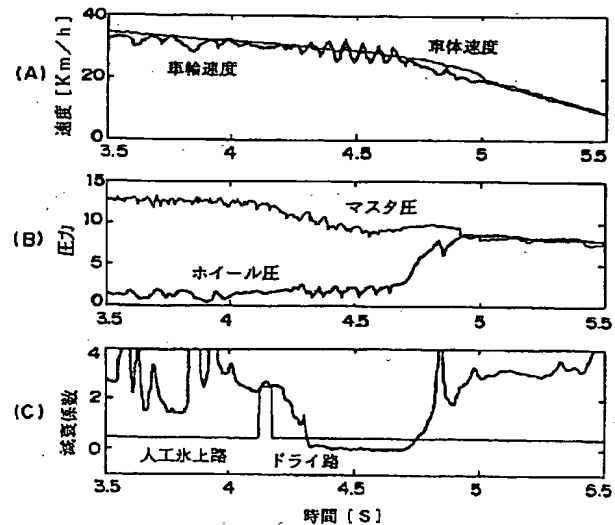
- 10 車輪速度センサ
- 12 バンドパスフィルタ
- 14  $\mu$  勾配推定装置
- 16 ABS 制御装置
- 18 ABS 制御弁

【図 2】



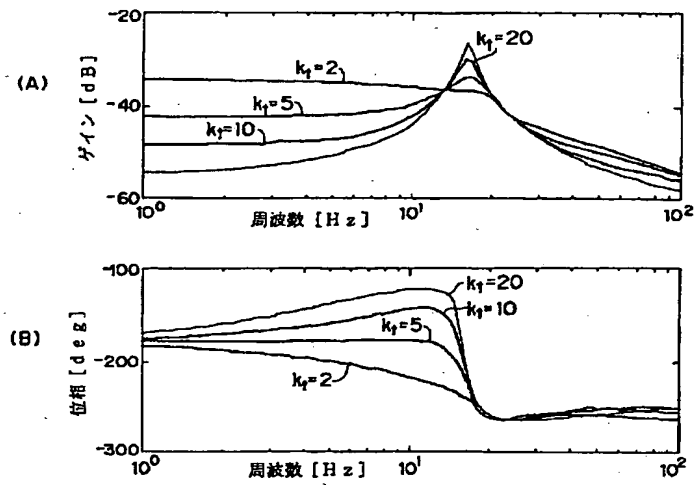
サスペンション・タイヤ共振モデル

【図 4】

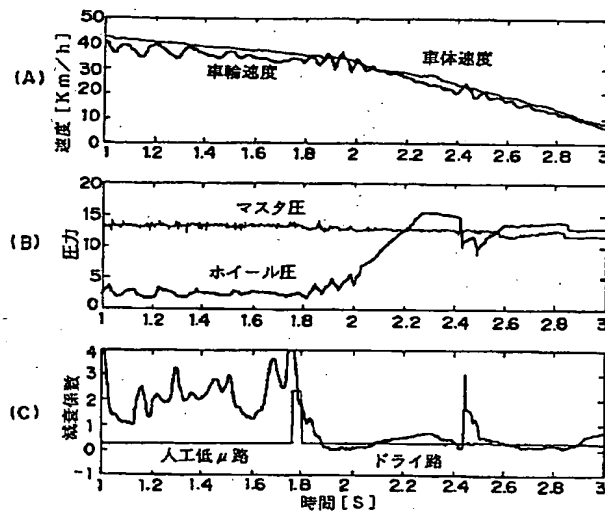




【図 3】

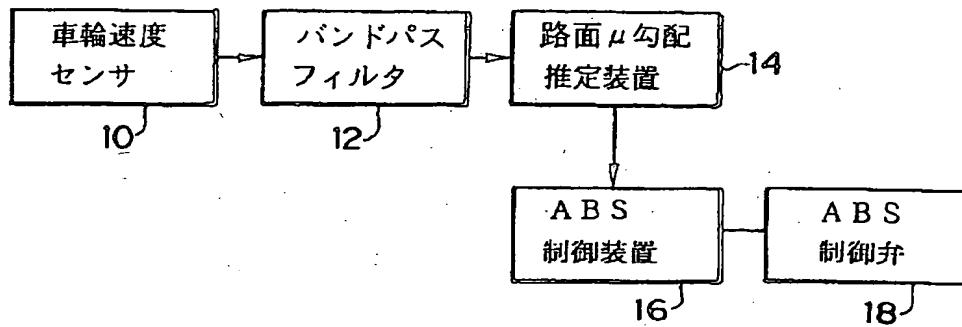
路面  $\mu$  勾配とサスペンションタイヤ共振特性の関係

【図 5】



減衰係数推定値を用いた制御

【図 6】



フロントページの続き

- (72) 発明者 小野 英一  
愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番  
地の1 株式会社豊田中央研究所内
- (72) 発明者 菅井 賢  
愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番  
地の1 株式会社豊田中央研究所内
- (72) 発明者 梅野 孝治  
愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番  
地の1 株式会社豊田中央研究所内
- (72) 発明者 浅野 勝宏  
愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番  
地の1 株式会社豊田中央研究所内
- (72) 発明者 山口 裕之  
愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番  
地の1 株式会社豊田中央研究所内
- (72) 発明者 伊藤 祥司  
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動  
車株式会社内
- (72) 発明者 小野沢 智  
愛知県刈谷市朝日町2丁目1番地 アイシ  
ン精機株式会社内

Fターム(参考) 3D046 BB28 HH36 HH46 KK06